

Tindak Balas Nanozarah Silika Dioksida dengan Lisozim dalam Larutan Penimbal

Pengarang:

Siti Amira Othman

E-mel:

sitiamira@uthm.edu.my

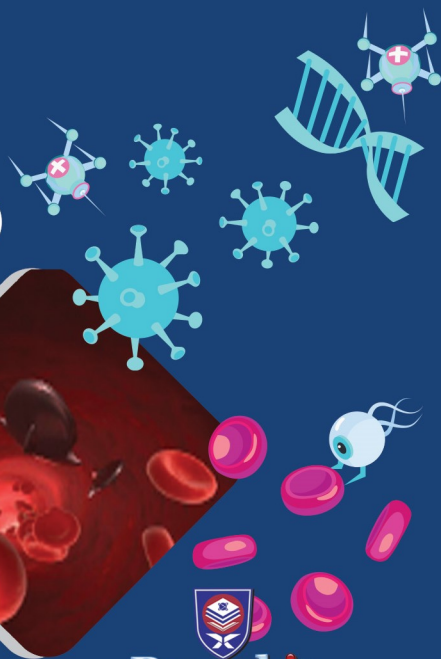
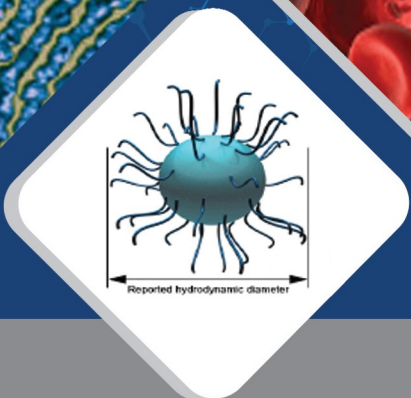
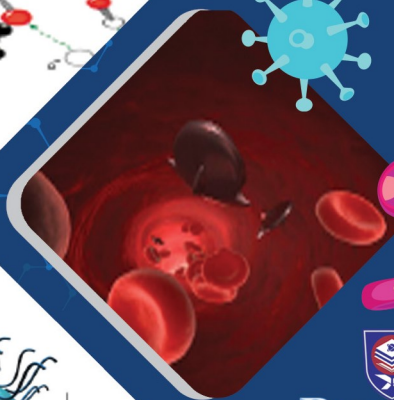
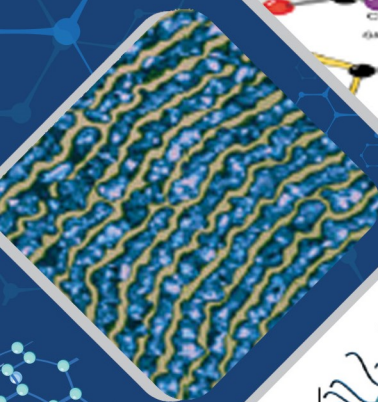
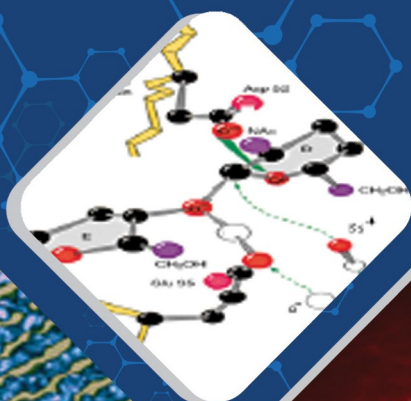
Abstrak: Proses penjerapan protein adalah proses yang kompleks kerana terdapat banyak faktor yang mempengaruhi tarikan protein pada sesuatu permukaan seperti kestabilan struktur protein, kekuatan ionik, larutan pH dan permukaan serapan hidrofobik. Kelompokan atau pengumpulan pada lapisan penjerapan adalah kesan daripada ketidakstabilan semasa proses penyimpanan dan penghantaran protein. Langkah untuk meminimumkan pembentukan gumpalan perlu dilakukan. Surfaktan selalunya digunakan bagi mengurangkan gumpalan. Dalam kajian ini akan dilihat bagaimana lisozim yang bertindak sebagai protein dikaji sifat penjerapannya pada permukaan silika dioksida dalam keadaan pH yang neutral. Lisozim adalah protein yang bercas positif pada pH neutral dan mampu menembusi ke dalam mikrosfera yang bercas negatif. Buku ini memberikan pengetahuan berkaitan kajian melibatkan proses penjerapan protein dan bidang yang berkaitan.

Kata kunci: Larutan, pembentukan, silika, bercas dan penjerapan

Tindak balas

Nanozarah Silika Dioksida *dengan* Lisozim dalam Larutan Penimbal

SITI AMIRA OTHMAN




**Penerbit
UTHM**

Tindak balas
Nanozarah Silika
Dioksida dengan
Lisozim dalam
Larutan Penimbal

SITI AMIRA OTHMAN



2025

© Penerbit UTHM
Cetakan Pertama 2025

Hak cipta terpelihara. Dilarang mengeluarkan mana-mana bahagian artikel, ilustrasi dan kandungan buku ini dalam sebarang bentuk elektronik, fotokopi mekanik, rakaman atau sebarang bentuk lain tanpa kebenaran bertulis daripada Pejabat Penerbit Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor Darul Ta'zim, Malaysia. Sebarang rundingan tertakluk kepada pengiraan royalti.

Penulis:
Siti Amira Othman

Diterbitkan oleh:
Penerbit UTHM
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia
86400 Parit Raja,
Batu Pahat, Johor
Tel: 07-453 8698/8529

Dicetak oleh:
Attin Press Sdn. Bhd.
No 8, Jalan Perindustrian PP4,
Taman Perindustrian Putra Permai,
43300 Seri Kembangan, Selangor.
No. Tel: 03-89390660

Laman Web: <http://penerbit.uthm.edu.my>
E-mel: pemasaran.uthm@gmail.com
<https://publisher.uthm.edu.my/omp/index.php/penerbituthm/index>

Penerbit UTHM adalah ahli
Majlis Penerbitan Ilmiah Malaysia
(MAPIM)



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan
Perpustakaan Negara Malaysia
Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia
ISBN 978-629-490-188-9

SENARAI KANDUNGAN

<i>Prakata</i>	<i>ix</i>
----------------	-----------

BAB SATU: PENGENALAN

Pengenalan	1
Aplikasi Bidang Nanoteknologi	5
Interaksi Nanozarah dengan Protein	10
Surfaktan	10
Tween 20	12
Larutan Penimbal	13
Silika Dioksida	14
Lisozim	15
Sumbangan Kajian	16
Bidang Nanoteknologi di Malaysia	17

BAB DUA: LITERATUR

Tinjauan Interaksi Nanozarah dengan Lisozim	19
Penghasilan Teras/ Rangka	19
Kestabilan	20
Proses Penjerapan	21
Analisis Termodinamik Lisozim Terhadap Silika	23
Penjerapan Terma	24
Tenaga Bebas Gibbs	26

Elektrostatik	27
pH	29
Pembentukan Gumpalan	30

BAB TIGA: METODOLOGI

Bahan Kimia	33
Penyediaan Larutan Penimbal	33
Penyediaan Larutan Penimbal Fosfat	33
Penjerapan Lisozim ke atas Silika	34

BAB EMPAT: PENCIRIAN NANOZARAH SECARA INSTRUMENTASI

Spektrofotometer UV- Boleh Nampak	37
Hukum <i>Beer</i>	38
Spektroskopi Korelasi Foton	41
Proses Serakan Cahaya Dinamik	46
Hukum <i>Fick</i>	47

BAB LIMA: PENCIRIAN SAMPEL

Pencirian Dengan Spektroskopi Uv-Vis	51
Kesan Tindakbalas UV dengan SiO ₂ - Lisozim	51
Struktur Ikatan	54
pH	55
Nisbah Berat SiO ₂ : Lisozim (SiO ₂ Tetap)	57
Nisbah Berat SiO ₂ :Lisozim (Lisozim Tetap)	59
Kepelbagaian Penjerapan yang Berbeza	61
Masa (Minit)	63
Masa (Hari)	64

BAB ENAM: KESIMPULAN

73

Bibliografi

77

Biografi

85

Indeks

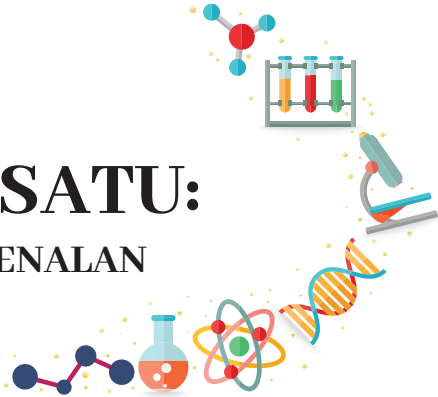
87

PRAKATA

Proses penjerapan protein adalah proses yang kompleks kerana terdapat banyak faktor yang mempengaruhi tarikan protein pada sesuatu permukaan seperti kestabilan struktur protein, kekuatan ionik, larutan pH dan permukaan serapan hidrofobik. Kelompokan atau pengumpulan pada lapisan penjerapan adalah kesan daripada ketidakstabilan semasa proses penyimpanan dan penghantaran protein. Langkah untuk meminimumkan pembentukan gumpalan perlu dilakukan. Surfaktan selalunya digunakan bagi mengurangkan gumpalan. Dalam kajian ini akan dilihat bagaimana lisozim yang bertindak sebagai protein dikaji sifat penjerapannya pada permukaan silika dioksida dalam keadaan pH yang neutral. Lisozim adalah protein yang bercas positif pada pH neutral dan mampu menembusi ke dalam mikrosfera yang bercas negatif. Buku ini memberikan pengetahuan berkaitan kajian melibatkan proses penjerapan protein dan bidang yang berkaitan.

Penulis

Siti Amira Othman



BAB SATU:

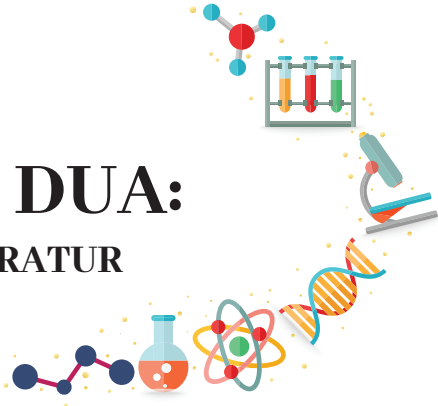
PENGENALAN

PENGENALAN

Nanoteknologi ialah satu bidang sains gunaan yang menumpukan kepada reka bentuk, sintesis, pencirian, dan penggunaan bahan-bahan dan peranti-peranti pada skala nanometer. Kejayaan-kejayaan cemerlang dalam nanoteknologi telah menghasilkan alat solek dan losyen pelindung cahaya matahari yang lebih baik, serta seluar kalis air. Nanoteknologi ialah satu subklasifikasi teknologi dalam sains koloid, biologi, fizik, kimia, dan bidang-bidang saintifik yang lain, sebagaimana yang ditakrifkan oleh laman web Inisiatif Nanoteknologi Nasional Amerika Syarikat. Takrifnya ialah pemahaman dan pengawalan jirim-jirim pada dimensi sebanyak lebih kurang 1 hingga 100 nanometer yang mana fenomena unik membolehkan penggunaan baru. (Sumber: Pengenalan Nanoteknologi, 2007).

Aspek skala nanometer yang terpenting ialah semakin kecil sesuatu zarah itu, semakin besar nisbahnya antara luas permukaan dengan isi padu. Struktur elektroniknya juga berubah secara mendadak. Kesan ini menyebabkan keaktifan bermangkin menjadi lebih baik, tetapi juga boleh mengakibatkan kereaktifan kimia yang agresif. Keterpesonaan terhadap nanoteknologi terdiri daripada fenomena-fenomena kuantum dan permukaan ini yang unik yang ditampilkan oleh jirim pada skala nanometer, dan memungkinkan penggunaan baru serta bahan-bahan yang menarik.

Sifat nanozarah berbeza dengan sifat pepejal pukal sama ada melalui saiz, bentuk, luas permukaan serta kesan kuantum. Kesannya, ia dapat dilihat pada sifat mekanikal, kimia, elektronik, optik dan



BAB DUA: LITERATUR

TINJAUAN INTERAKSI NANOZARAH DENGAN LISOZIM

Penghasilan Teras/Rangka

Dengan berkembangnya bidang bioteknologi, banyak penciptaan dalam sistem penghantaran telah direka untuk meningkatkan keberkesanan dalam penghantaran protein. Walau bagaimanapun masih lagi terdapat masalah dalam penghantaran protein kerana kebanyakan protein mempunyai jangka hayat yang pendek dalam keadaan fisiologinya. Penyelesaian daripada masalah ini dapat diatasi dengan mereka nanozarah polimerik/ mikro yang sesuai (Diana et al. 2007). Dalam kajian yang dilakukan oleh Sung et al. (2004) menunjukkan poli(laktida-ko-glikolida) (PLGA) mikro/nanozarah telah direka untuk penghantaran sebilangan protein. Disebabkan sifat hidrofobik PLGA, penjerapan protein ke dalam mikro nanozarah dengan aktiviti protein dikurangkan ke tahap minimum, masih lagi dikatakan mencabar dan sukar.

Kaedah penyediaan teras rangka nanozarah dengan rangka polimerik hidrofilik telah direka. Peranan teras adalah untuk menyediakan permukaan hidrofilik bagi rangka polimerik yang stabil melalui proses penjerapan fizikal. Manakala rangka polimerik pula adalah untuk menyediakan rangkaian hidrofilik untuk penjerapan protein. Proses ini adalah sesuai untuk pencirian teras rangka nanozarah sebagai penghantar dadah. Lisozim digunakan sebagai model penghantaran protein yang dijerap ke dalam nanozarah. Penjerapan dan bentuk penjerapan yang terhasil diperhatikan.

BAB TIGA:

METODOLOGI



BAHAN KIMIA

Bahan kimia yang digunakan dalam kajian ini adalah telur putih ayam lisozim (protein) (No. Lot. 62971). Jisim molekul lisozim adalah 14.3 kDa, pI 11.1 dan dimensinya adalah $4.6 \times 3.0 \times 3.0$ nm. Selain itu, silika dioksida (Aerosil 380) (No. Lot. 60287) dan *tween* 20 (surfaktan) (No. Lot. 93773) juga digunakan. Semua proses penjerapan dilakukan dalam larutan penimbal fosfat yang mempunyai pH 7.8. Telur putih ayam lisozim dibeli dari Fluka.

PENYEDIAAN LARUTAN PENIMBAL

Penyediaan Larutan Penimbal Fosfat

Larutan penimbal (pH 7.0 hingga pH 8.0) disediakan dengan menambah 100 ml $0.1M$ KH_2PO_4 dan $0.1M$ NaOH (isipadu yang berbeza-beza). Larutan penimbal bagi setiap pH dipipet sebanyak 10 ml dan diletakkan dalam tabung uji.

Sebanyak 5 mg silika dioksida diisi ke dalam setiap tabung uji yang berbeza pHnya. Setiap larutan dalam tabung uji disonikasi bagi membebaskan kandungan selularnya. Selepas itu, 3 mg lisozim dan 1 mg Tween 20 dimasukkan ke dalam setiap tabung uji dan dilarutkan menggunakan pengacau yang kemudiannya diuji menggunakan spektrometer UV- boleh nampak (Rajah 3.1).

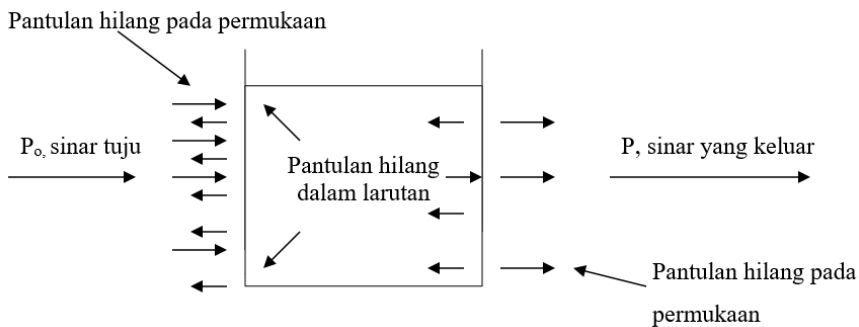
BAB EMPAT:

PENCIRIAN NANOZARAH SECARA INSTRUMENTASI



Spektrofotometer UV-Boleh Nampak

Menurut hukum *Beer*, penyerapan adalah berkadar langsung dengan kepekatan spesis yang melakukan penyerapan.



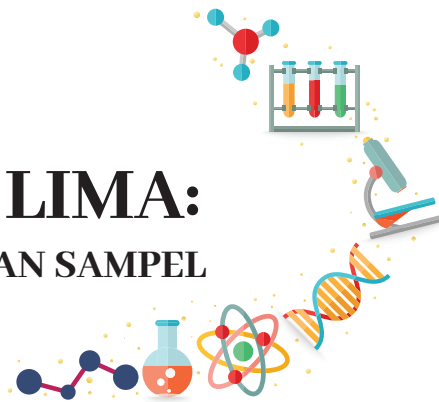
Rajah 4.1: Proses alur sinaran melalui larutan.
(Sumber: Douglas et al., 1971)

Rajah 4.1 adalah proses dimana sinar UV (foton) ditujukan kepada larutan. Sinar yang keluar, P_o adalah kurang daripada sinaran tuju, P . Ini disebabkan oleh:

- Pantulan pada udara-dinding, dinding-larutan, larutan-dinding dan permukaan dinding-udara
- Penyerapan oleh kedua-dua dinding
- Serakan di antara larutan
- Penyerapan oleh komponen larutan

BAB LIMA:

PENCIRIAN SAMPEL



PENCIRIAN DENGAN SPEKTROSKOPI UV-VIS

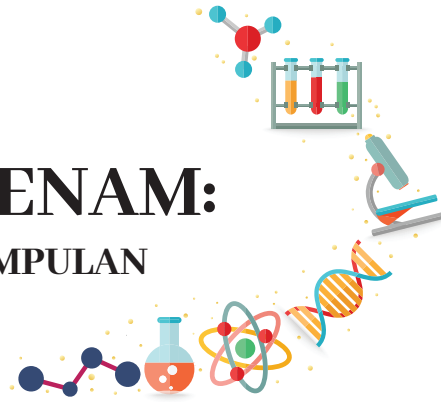
Kesan tindak balas UV dengan SiO_2 -lisozim

Penyerapan nanozarah SiO_2 terhadap lisozim boleh ditentukan dengan cara yang paling mudah iaitu melalui kajian spektrum serapan bahan tersebut sebagai fungsi panjang gelombang. Apabila foton terkena pada nanozarah SiO_2 , ia hanya akan menyerap foton tersebut jika tenaga foton tersebut berupaya mengujakan elektron valensi dari orbitalnya. Penyerapan tenaga foton tidak berlaku jika tenaga foton adalah lebih rendah dari tenaga yang boleh mengujakan elektron valensi tersebut. Disebabkan oleh fenomena ini, terdapat suatu peningkatan secara mendadak dalam spektrum serapan apabila tenaga foton sama dengan tenaga yang boleh mengujakan elektron valensi. Titik dimana nanozarah SiO_2 mula menyerap foton dikenali sebagai spektrum serapan luar (*absorption edge*).

Semua sebatian organik mampu menyerap sinaran elektromagnet kerana semuanya mengandungi elektron valensi yang boleh diujakan kepada aras tenaga yang tinggi. Maka penyerapan oleh elektron jenis ini dihadkan kepada kawasan *uv* ($\lambda < 180 \text{ nm}$). Pada peringkat ini, komponen atmosfera juga dapat melakukan penyerapan dengan baik. Kesukaran melakukan eksperimen dengan menggunakan *uv* adalah sukar. Akibatnya, kebanyakan spektrofotometrik sebatian organik terlibat pada kawasan panjang gelombang lebih besar daripada 180 nm. Penyerapan cahaya *uv* dan cahaya nampak dihadkan kepada sebilangan kumpulan berfungsi (dikenali sebagai kromofor) yang

BAB ENAM:

KESIMPULAN



Interaksi nanozarah SiO_2 Lisozim dalam larutan penimbal membuktikan bahawa wujudnya kestabilan antara SiO_2 dengan lisozim. Ini dapat dilihat daripada kesan penjerapan lisozim terhadap permukaan SiO_2 . Peranan teras adalah menyediakan nukleus bagi pembentukan kestabilan hidrofilik polimerik untuk penyerapan fizikal. Manakala rangka polimerik adalah untuk menyediakan rangkaian hidrofilik untuk penjerapan protein. Permukaan SiO_2 yang bersifat hidrofilik (negatif) membolehkannya bertindak balas terhadap protein yang bersifat hidrofobik (positif).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan protein serta tarikan protein terhadap sesuatu permukaan seperti kestabilan struktur protein, kekuatan ionik, pH larutan serta sifat hidrofobik permukaan penyerapan. Ini menunjukkan penyusunan semula molekul protein dan kekutuban permukaan protein adalah penyumbang terbesar terhadap proses penyerapan.

- i. Dalam eksperimen mengkaji parameter pH, panjang gelombang yang paling besar diperolehi pada pH 7.8. Pencirian menggunakan UV-vis menyebabkan berlakunya proses pengujian oleh elektron valensi dari orbital nanozarah SiO_2 . Oleh itu, terdapat peningkatan dalam spektrum serapan apabila tenaga foton sama dengan tenaga yang boleh mengujakan elektron valensi dalam nanozarah SiO_2 . Titik di mana nanozarah SiO_2 mula menyerap foton dikenali sebagai spektrum serapan luar (*Absorption edge*).
- ii. Bagi nisbah SiO_2 : Lisozim (SiO_2 tetap), akibat daripada nilai SiO_2 yang malar, bacaan panjang gelombang yang diperolehi

BIBLIOGRAFI

- André C. Dumetz, Chockla, A. M., Kaler, E. W., & Lenhoff, A. M. (2008). Effects of pH on protein-protein interactions and implications for protein phase behavior. *Biochimica et biophysica acta*, 1784(4): 600–610.
- André P. Legrand & Christiane Sénémaud. (2003). Nanostructured silicon- based powders and composites, Taylor & Francis group, London & New York.
- Aplikasi nanorobot dalam sel darah merah (atas talian) <http://www.nanotechcompanies.us/nanotech-robot-424.jpg> [10 Juli 2007]
- Perriman A.W. & White J.W. (2006). Kinetics of adsorption of lysozyme at the air- water interface and the role of protein charge. *J. Physica B: Condensed Matter* 385-386: 716-718.
- Brijesh Singla, Viwat Krisdhasima & Joseph McGuire. (1996). Adsorption kinetics of wild type and two synthetic stability mutants of T4 phage lysozyme at silanized silica surfaces. *J. Colloid and Interface Science* 182: 292-296.
- Bryan L. Steadman, Karen C. Thompson, Russel Middaugh C., Ken Matsuno, Susan Vrona, Erlinda O. Lawson & Randolph V. Lewis. (2004). The effects of surface adsorption on the thermal stability of protein. *J. Biotechnology and Bioengineering* 40:8-15.
- Burtan S. Guttman & Johns W. Hopkins III. (1999). Biology, CB McGraw- Hill.

- Carrie A. Williams. (1998). Application of photon correlation spectroscopy to a molecular system, The College of Wooster, Ohio 44691.
- Challa S.S.R.Kumar.(2006). Nanosystem characterisation tools in the life sciences, WTLEY-VCH Verlag GmBh & Co.KgaA.
- Cuifang Cai, Udo Bakosky, Erik Rytting, Andreas K. Schaper & Thomas Kissel. (2007). A feasibility study using lysozyme as model protein delivery systems.
- David E. Hansen. (2007). Recent developments in the molecular imprinting of proteins. J. Biomaterials 28: 4178-4191.
- Das D.D., Parida K.M.&Mishra B.K. (2006). A study on the structural properties of mesoporous silica spheres. J. Materials Letters 61: 3942-3945.
- Diameter hidrodinamik (atas talian) http://www.malvern.com/LabEng/technology/dynamic_light_scattering/dynamic_light_scattering.htm [14 Mac 2008]
- Diana Romanini, Mauricio Braia, Rodrig Giatte Angarten, Watson Loh & Guillermo Pico. (2007). Interaction of lysozyme with negatively charged flexible chain polymers. J. Chromatography B 857:26-31.
- Dieter Horn & Dr. Jens Rieger. (2001). Organic nanoparticles in the aqueous phase- theory, experiment and use. J. Angewandte Chemie International Edition 40: 4330-4361.
- Dobson C. M. (2003). Protein folding and disease: View from the first Horizom Symposium 2:154-160.
- Dong A., Prestrelski S.J., Allison S.D & Carpenter J.F. (1995). Infrared spectroscopic studies of lyophilization and temperature involved protein aggregation. J. Pharm Sci 84: 415-424.
- Douglas A. Skoog & Donald M.West. (1971). Principles of Instrumental Analysis, Holt, Rinehart and Winston, Inc.

- Edwin E., Garcia Rojas, Jane S. Dos Reis Coimbra, Luis A. Minim, Sérgio H. Saraiva & César A. Sodr  de Sillva. (2005). Hydrophobic interaction adsorption of hen egg white proteins conalbumin and lysozyme. *J. Chromatography B* 840: 85-93.
- Elliot F. Osserman, Robert E. Canfield & Sherman Beychok. (1974). *Lysozyme*, Academic Press, New York and London.
- Erica Frare, Maria F. Mossuto & Patrizia Polverinode Laureto. (2006). Identification of the core structure of lysozyme amyloid fibrils by proteolysis. *J. Molecular Biology* 361:551-561.
- Ewa Banachowicz. (2006). Light scattering studies of proteins under compression. *J. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – proteins &proteomics* 1764: 405-413.
- Hao Min Ding, Lei Shao. Run Jing Liu, Qing Gui Xiao & Jian Feng Chen. 2005. Silica nanotubes for lysozyme immobilization. *J. Colloid and Interface Science* 290: 102-106.
- Hans-J rg Fecht & Mathias Werner. (2004). *The nano- micro interface – Bridging the micro and nanoworlds*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA.
- Hel n Larsericsdotter, Sven Oscarsson & Jos Buijs. (2000). Thermodynamic analysis of proteins adsorbed on silica particles: Electrostatic Effects. *J. Colloid and Interfaces Science* 237: 98-103.
- Hel n Larsericsdotter, Sven Oscarsson & Jos Buijs. (2003). Thermodynamic analysis of lysozymes absorbed to silica. *J. Colloids and Interface Science* 276: 261-268.
- Hiroyuki Shirahama, Johannes Lyklema & Willem Norde. (1990). Comparative protein adsorption in model system. *J. Colloid and Interface Science* 139: 177-187

Hwai- Shen Liu, Yu- Chi Wang & Wen Yih. (1995). Excess adsorption of lysozyme & water at solid- liquid interfaces. J. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 5: 25-34.

Jacques Blümmel, Nadine Perschmann, Daniel Aydin, Jouana Drinjakovic, Thomas Surrey, Monica Lopez-Garcia, Horst Kessler & Jozchim P. Spatz. (2007). Protein repellent properties of covalently attached PEG coatings on nanostructured SiO₂- based interfaces. J. Biomaterials 28: 4739-47471.

Jaroslav Poznanski, Jędrzej Szymaski, Teresa Basiska, Stanislaw S. Ornkowski & Wojciech Zielenkiewicz. (2005). Aggregation of aqueous lysozyme solutions followed by a dynamic light scattering and ¹H NMR Spectroscopy. J. Molecular Liquids 21: 21-26.

Jaroslav Poznanski, Yannis Georgalis, Lorin Wehr, Wolfram Saenger & Piotr Zielen Kiewicz. (2003). Comparison of two different Lysozyme under native & Crystallization conditions using two- dimensional NMR & Dynamic light scattering. J. Biophysical Chemistry 104: 605-616.

Jian R. Lu, Xiubo Zhao & Mohammed Yassen. (2007). Protein adsorption studied by neutron reflection. J. Current Opinion in Colloid and Interface Science 12: 9-16.

Joachim Behlke & Adreas Kruspel. (1995). Observing of precrystallization aggregation in protein solutions during centrifugation. J. Crystal growth 158:388-391.

Joachim Schumer. (2006). Nanotechnology Challenges- Implication for philosophy, Ethics and Society, World Scientific Co. Pte. Ltd.

Kamalroakh, Marolia & S.F.D Souza. (1992). A simple techniques for the immobilization of lysozyme by cross linking of hen egg white foam. J. Biochemical and Biophysical methods 26:143-147.

Keratan rentas nanokomposit Silika (atas talian) <http://www.nanotechnow.com/images/Si-nanocomposite-med.gif>[8 Julai 2007]

Kotz, Treichei & Weaver. (2006). Chemistry and chemical reactivity, Brooks/ cole.

Marijin Van Der Veen, Martien Cohen Stuart & Williem Norde. (2006). Spreading of proteins and effect on adsorption and desorption kinetics. J. Colloids surfaces B: Biointerfaces 54: 136-142.

Malvern Zetasizer (atas talian) <http://www.malvern.com/LabEng/products/zetasizer/zetasizer.htm> [2 Februari 2008]

Marijin Van der Veen, Willem Norde & Martien Cohen Stuart. (2004). Electrostatic interactions in protein adsorption probed by comparing lysozyme. J. Colloids Surfaces B: Biointerfaces 35: 33-40.

Marijin Van der Veen, Willem Norde & Martien Cohen Stuart. (2004). Electrostatics interactions in protein adsorption probed by comparing lysozyme and succinylated lysozyme. J. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 35: 33-40.

MB.V.Roberts MA PH.D. (1971). Biology: A functional approach, Hong Kong Printing Press Ltd.

Mehmet Odabasi, Riduan Say & Adil Deinzli. (2007). Molecular imprinted particles for lysozyme purification. J. Material Science and Engineering: C. 27: 90-99.

M.Nieto- Vesperinas, J.C.Dainty.(1990). Scattering in volumes and surfaces, North- Holland.

Moosavi A.A. - Movahedi, P.Pirzadeh, Hashemnia S., Ahmadian S., Hemma teenejad B., Amani M., Saboury A.A., Ahmad F., Shamsipur M., Hakimelahi G.H., Fu- Yuan Tsai, Hadi Alijanvand H. & Yousefi R. (2007). Fibril formation of lysozyme upon interaction with sodium dodecyl sulphate

- at pH 9.2. J. Colloid and surfaces B: Biointerfaces 60:55-61.
- Nano zetasizer bagi mengukur serakkan cahaya dinamik (atas talian)
<http://www.malvern.com/common/downloads/campaign/MRK656-01.pdf> [18 Mac 2008]
- Nan Yao & Zhang Lin Wang. (2005). Handbook of microscopy for nanotechnology, Kluwer Academic Publishers.
- Pap E.H.W., Houbiers M.C., Santema J.S., Van Hoek A. & Visser A.J.W.G. (1996). Qualitative fluorescence analysis of the adsorption of lysozyme to phospholipid vesicles. J. Biotechnology and Bioengineering 24: 223-231.
- Pengenalan nanoteknologi (atas talian) (<http://ms.wikipedia.org/wiki/Nanoteknologi/Perincian>). [20 Jun 2007]
- Penemuan lisozim oleh Alexander Fleming http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Fleming [5 Januari 2008]
- Potts PJ. (1987). A Handbook of silicate rock analysis, Springer.
- Blankie Academic & Professional Raymond Chang. (2005). Chemistry, McGraw Hill.
- Price W. S., F. Tsuchiya & Arata Y. (1999). Lysozyme aggregation and solution properties using PGSE NMR diffusion measurements. J. Am. Chem. Soc. 121: 11503- 11512.
- Proses elektrophoresis (atas talian)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Electrophoresis> [12 Mei 2007]
- Puddephatt. (1972). The Periodic table of the elements, Clarendon Press Oxford.
- Rezwan K., Lorentz P. Meier & Ludwig J. Gauckler. (2004). Lysozyme and Bovin serum albumin adsorption on uncoated silica and AL OOH- coated silica particles: the influence of positively and negatively charged oxide surface coatings. J. Biomaterials 26: 4351-4357.

Rezwan K., Lorentz P.Meier & Ludwig J. Gauckler. (2004). A prediction method for the isoelectric point of binary protein mixtures of Bovine Serum Albumin and Lysozyme adsorbed on colloidal Titania and Alumina particles. J. Colloid Interface Science 21: 3493-3497.

Sopie R. Van Tomme, Bruno G. Geest, Kevin Braeckmans, Stefaan C. De Smedt, Florence Siepmann, Juergen Siepmann, Cornelus F. van Nostrum & Wim E. Hennink. (2005). Mobility of model proteins in hydrogels composed of oppositely charged dextran microspheres studied by protein release and fluorescence recovery after bleaching. J. Controlled Release 110: 67-78.

Spencer L. Seager & Micheal R. Sla Baugh. (2005). Introductory chemistry for today, Brooks/cole.

Stefani M. & Dobson C.M. (2003). Protein aggregation and aggregate toxicity: New insights into protein folding, misfolding disease and biological evolution. J. Mol. Med 81: 678-699.

Struktur molekul lisozim (atas talian)

<http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/255/255enz/gk3x2.lysozyme.gif> [12 Mei 2007]

Struktur molekul SiO_2 - Lisozim (atas talian) http://apbs.sourceforge.net/doc/tutorial/images/lysozyme_mech.png [9 Mei 2007]

Struktur molekul Tween 20 (atas talian) <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Tween20.png> [28 Mei 2007]

Struktur nanowayar Agentum yang dilihat di bawah TEM (atas talian) <http://www.news.uchicago.edu/releases/photos/nanotechnology/nanowire-sm.jpg>[16 Jun 2007]

Sung Kyun Han, Jin Hon Lee, Dongmin Kim, Sun Hang Cho & Soon Hong Yuk. (2004). Hydrophilized poly (lactide- co-glycolide) nanoparticles with core/shell structure for protein delivery. J. Science and Technology of Advanced Materials 6:468-474.

- Susan M.Daly, Todd M.Przybycien & Robert D. Tilton. (2006). Aggregation of lysozyme and of poly (ethylene-glycol)-modified lysozyme after adsorption to silica. J. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 57:81-88.
- Thibaud Coradin, Aurrélie & Jacques Livage. 2002. Interactions of Bovine Serum albumin and lysozyme with sodium silica solutions. J. Colloids and Surface B: Biointerfaces 29:189-196.
- Thibaud Coradin, Aurelie Coupe & Jacques Livage. (2002). Influence of DNA, Alginate, Lysozyme and Bovine Serum Albumin on sodium silicate condensation. Materials Research Society.
- Tindakbalas Hidrofilik dan Hidrofobik (atas talian) <http://www.columbia.edu/iucs> [19 Februari 2008]
- Tindakbalas hidrofilik terhadap permukaan (atas talian) <http://laser.physics.sunysb.edu/~hilary/graphics/surfactant.gif> [22 Jun 2007]
- Vinu A., Miyahara M. & Ariga K. (2005). Biomaterial immobilization in nanoporous carbon molecular sieves: influence of solution pH, pore volume and pore diameter. J. Phys Chem. B 109:6436- 6441.

BIOGRAFI



Siti Amira Othman adalah staf di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Beliau memperoleh Ijazah Sarjana Muda dalam bidang sains nuklear dari Universiti Kebangsaan Malaysia dan seterusnya menyambung pengajian Doktor Falsafah dalam bidang sains bahan di universiti yang sama. Minat menulis mula dipupuk apabila terdapat keperluan untuk menerbitkan kertas kajian ilmiah setiap tahun. Ini ditambah dengan hasrat ingin cuba menulis dalam genre yang berbeza seperti artikel am di dalam media massa, buku ilmiah, puisi, buku penyelidikan, bab buku, dan pelbagai lagi bentuk penulisan. Kebanyakan topik kajian yang diterbitkan adalah berkenaan fizik sinaran, keselamatan sinaran mengion dan juga bacaan ringan seperti artikel pendek yang mensasarkan golongan pembaca dalam golongan remaja. Pencapaian melibatkan penulisan adalah apabila berjaya menerbitkan lebih dari 100 bab buku pada tahun 2019.

INDEKS

L	
Lisozim	15, 16, 19, 22, 23, 24, 28, 34, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 67, 68, 73, 74, 83
N	
nanozarah	1, 2, 3, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 19, 20, 31, 32, 34, 39, 44, 51, 58, 60, 64, 68, 69, 73, 74, 75
P	
penjerapan	10, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 73, 74, 75
penyerapan	16, 22, 37, 38, 39, 40, 43, 45, 51, 52, 53, 55, 57, 63, 64, 70, 73
protein	5, 10, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 44, 55, 56, 64, 73, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83
S	
silika	5, 8, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 33, 34, 39, 55, 56, 57, 58, 60, 62

Tindak balas **Nanozarah Silika Dioksida *dengan* Lisozim dalam Larutan Penimbal**

Proses penjerapan protein adalah proses yang kompleks kerana terdapat banyak faktor yang mempengaruhi tarikan protein pada sesuatu permukaan seperti kestabilan struktur protein, kekuatan ionik, larutan pH dan permukaan serapan hidrofobik. Kelompokan atau pengumpulan pada lapisan penjerapan adalah kesan daripada ketidakstabilan semasa proses penyimpanan dan penghantaran protein. Langkah untuk meminimumkan pembentukan gumpalan perlu dilakukan. Surfactan selalunya digunakan bagi mengurangkan gumpalan. Dalam kajian ini akan dilihat bagaimana lisozim yang bertindak sebagai protein dikaji sifat penjerapannya pada permukaan silika dioksida dalam keadaan pH yang neutral. Lisozim adalah protein yang bercas positif pada pH neutral dan mampu menembusi ke dalam mikrosfera yang bercas negatif. Buku ini memberikan pengetahuan berkaitan kajian melibatkan proses penjerapan protein dan bidang yang berkaitan.



ISBN 978-629-490-188-9



0 3 8 0 0

9 786294 901889

**PENERBIT
UTHM**

